



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 27 788 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
A 61 C 13/36

②① Aktenzeichen: 198 27 788.1
②② Anmeldetag: 23. 6. 98
②③ Offenlegungstag: 30. 12. 99

DE 198 27 788 A 1

⑦① Anmelder:
Dirksen, Dieter, Dr., 49716 Meppen, DE; Bally, Gert
von, Prof. h.c., 48151 Münster, DE; Bollmann,
Friedhelm, Prof. Dr. Dr., 48161 Münster, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 36 13 096 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Vorrichtung und Verfahren zur dreidimensionalen Erfassung charakteristischer Meßpunkte des Zahnbogens**

⑤⑦ Bei zahnmedizinischen Behandlungen ist es oft notwendig, anhand von Kiefermodellen (z. B. aus Gips) nach Abdrucknahme Veränderungen des Kieferzustandes, insbesondere der Lage einzelner Zähne, zu erfassen und zu dokumentieren. Herkömmliche Meßtechniken erlauben nur eine ungenaue Festlegung und Erfassung der hierfür erforderlichen festen Referenzpunkte innerhalb des Zahnbogens. Mit der hier beschriebenen Vorrichtung ist es möglich, zum einen optisch digitalisierte Kiefermodelle in ein schädelbezügliches Koordinatensystem zu übertragen und zum anderen mit einem integrierten Datenverarbeitungsverfahren die räumliche Position von Höckerspitzen als Referenzpunkte reproduzierbar zu vermessen. Damit wird ein quantitativer Vergleich der Zahnpositionen in verschiedenen Modellen möglich.

Mit einer computergesteuerten topometrische Meßvorrichtung, auf der Grundlage der phasenmessenden Profilometrie, werden auf einem Sockel schädelgerecht ausgerichtete (einartikulierte) Kiefermodelle digitalisiert. Diese sind während der Messung auf einem Drehtisch mit einer abnehmbaren, mechanisch präzise repositionierbaren Halte- und Kalibrierplatte positioniert, die es gestattet, mittels einer photogrammetrischen Kalibrierung das schädelbezügliche Koordinatensystem auf die digitalisierten Daten zu übertragen. Anhand eines aus diesen Daten berechneten Tiefenbildes werden halbautomatisch die Positionen der Höckerspitzen bestimmt, indem lokal der jeweils höchste Punkt eines Höckers gesucht wird. ...

DE 198 27 788 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur reproduzierbaren dreidimensionalen Erfassung charakteristischer Merkmale des Zahnbogens anhand mit einem optischen topometrischen Sensor vermessener (digitalisierter) Kiefermodelle und bezieht sich auf eine auf der Basis der phasenmessenden Profilometrie arbeitende rechnergesteuerte Meßvorrichtung mit einer Halte- und Kalibriervorrichtung für gesockelte Kiefermodelle sowie auf das auf den digitalen Datensatz anzuwendende Verfahren, um ein reproduzierbares Auffinden zahnmedizinisch relevanter Merkmale zur präzisen quantitativen Ermittlung und Visualisierung von Unterschieden dieser Merkmale bei zu vergleichenden Modellen zu erreichen.

Die Anfertigung von Gipsmodellen nach Abdrucknahme ist in der Zahnheilkunde eines der wichtigsten Hilfsmittel zur Erfassung und Dokumentation des aktuellen Kieferzustandes. Insbesondere im Bereich der Kieferorthopädie dienen sie der Dokumentation des Behandlungsverlaufs, wozu speziell die Erfassung von Lageveränderungen einzelner Zähne gehört.

Die bislang hierfür eingesetzten Techniken umfassen hauptsächlich – neben einfachen fotografischen Techniken – mechanische Meßgeräte wie Meßzirkel, Meßplatten oder mechanische Abtastvorrichtungen. Schwierigkeiten entstehen dadurch, daß nur relativ wenige Meßwerte erfaßt werden können, da die Verfahren zeitaufwendig und zusätzlich nur recht ungenau sind. Aus diesen Gründen bleiben die Messungen i. a. auch auf Abstände und zweidimensionale Größen beschränkt. Bekannt sind hier auch mechanische Digitalisiergeräte, die mit einer manuell geführten Antastnadel einzelne Raumkoordinaten bestimmen. Das gravierendste Problem besteht jedoch in der mangelhaften Reproduzierbarkeit bei der Erfassung definierter Meßpunkte an den Zähnen, da ihre Festlegung, etwa beim Anlegen der Meßinstrumente, auf einfacher visueller Inspektion beruht und entsprechende Unsicherheitsfaktoren beinhaltet.

Mittlerweile sind aktive optische topometrische Verfahren wie die phasenmessende Profilometrie verfügbar (s. z. B. Bollmann et al. in der Dtsch Zahnärztl Z 52, 105–108 (1997)), die mittels Projektion von Lichtmustern auf den Untersuchungsgegenstand und der rechnergestützten photogrammetrischen Auswertung der entsprechenden digitalisierten Kamerabilder die Erfassung großer dreidimensionaler Datenmengen in kürzester Zeit erlauben, die in digitalisierter Form für die weitere Auswertung zur Verfügung stehen. Die gewonnenen Datensätze ermöglichen aber ohne weitere Maßnahmen nicht den direkten Vergleich unterschiedlicher, digitalisierter Modelle, da lediglich gerätebezogene Koordinatenwerte, die zudem keine charakteristischen Meßpunkte auszeichnen, vorliegen.

Anatomische Merkmale im Zahnbogen, die im Prinzip ein hinreichend hohes Maß an Stabilität aufweisen, um quantitative Vergleiche zu erlauben, sind die Höckerspitzen der Seitenzähne bzw. die Spitzen der Eckzähne. Allerdings hängt die exakte Position des lokal höchsten Punktes von der mehr oder wenig stark ausgeprägten Neigung des Modells – entsprechend der tatsächlichen Lage des Kiefers im Schädel – ab.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen direkten quantitativen Vergleich der in einem anatomischen Koordinatensystem angegebenen dreidimensionalen Datenpunkte optisch vermessener Kiefermodelle sowie ein reproduzierbares Auffinden charakteristischer Meßpunkte im Zahnbogen – ohne die Notwendigkeit einer fehlerträchtigen manuellen Selektion – zur Verfolgung der Lageveränderung einzelner Zähne zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine computergesteuerte topometrische Meßvorrichtung, auf der Grundlage der phasenmessenden Profilometrie, die sich eines drehbaren Meßtisches bedient, der mit einer abnehmbaren, mechanisch präzise repositionierbaren Halte- und Kalibrierplatte für gesockelte, einartikulierte Kiefermodelle versehen ist, in Verbindung mit einem Datenverarbeitungsverfahren, angewandt auf die digitalisierten, kalibrierten Daten, mit dem die Positionen von Höckerspitzen als charakteristischem, invarianten Merkmal halbautomatisch und – durch numerische Korrektur der mittleren räumlichen Modellneigung, bestimmt anhand zweier gegenüberliegender Molarenhöcker und einer Frontzahn Schneidekante – unabhängig von Lage und Neigungswinkel des Modells bestimmt werden können. Dabei ist die bezeichnete Halte- und Kalibrierplatte kameraseitig mit Kalibriermarken zur optischen Messung der Rotationsbewegung versehen, die für die optische Gesamtsystemkalibrierung durch eine baugleiche Platte mit einem Kalibriermarkenfeld ausgetauscht werden kann, durch welches ein Koordinatensystem festgelegt wird, das die gleiche Orientierung wie das im Artikulator gesockelte Modell hat und dessen Ursprung mit dem Sockelmittelpunkt übereinstimmt.

Die Erfindung erlaubt demnach die optische Vermessung unter Übertragung der schädelbezüglichen Orientierung von in einem Artikulator entsprechend ausgerichteten und mit handelsüblichen Sockeln versehenen Kiefermodellen in das Koordinatensystem des topometrischen Meßgerätes sowie – durch die nach Korrektur der Modellneigung bestimmten Raumkoordinaten der Höckerspitzen – einen direkten dreidimensionalen Vergleich dieser Größen bei verschiedenen Modellen.

Mit dieser Erfindung, die sich insbesondere für die Dokumentation und Verlaufskontrolle kieferorthopädischer Korrekturmaßnahmen eignet, wird durch Erhöhung der Meßgenauigkeit gegenüber konventionellen manuellen Meßtechniken und durch Einbeziehung der räumlichen Komponente bei vergleichenden Untersuchungen zur Lage der Zähne anhand von Kiefermodellen eine Verbesserung und Ausweitung der Möglichkeiten der medizinischen Diagnostik erreicht.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 Eine Übersichtszeichnung eines mit zwei Kameras und einem Projektor arbeitenden topometrischen Meßsystems auf der Basis der phasenmessenden Profilometrie.

Fig. 2 Eine Detailansicht des Drehtisches mit der Halte- und Kalibriervorrichtung für gesockelte Kiefermodelle.

Zu Fig. 1

Die gesamte Meßvorrichtung besteht aus einem Projektor (1), zur Generierung von Streifenmustern, die auf das zu vermessende Kiefermodell (2) abgebildet werden, zwei Videokameras (3, 4) für die aktive und passive photogrammetrische Erfassung des Meßvolumens sowie einem Rechner (5) für die Steuerung des Systems, die Digitalisierung der Videodaten und die Auswertung der Daten.

Zu Fig. 2

Das Kiefermodell (1) ist mit Gips auf einem handelsüblichen, zweiteiligen Sockel (2) schädelgerecht ausgerichtet und fixiert. Der untere Sockelteil ist – ausgerichtet über zwei Führungsstifte (3) – auf der Halte- und Kalibrierplatte (4), die mit zwei entsprechenden Bohrungen (5) versehen ist, befestigt. Neben der Auflagefläche des Sockels befinden sich 4

kreisförmige Markierungen (6) für die photogrammetrische Erfassung des aktuellen Drehwinkels. Die Halte- und Kalibrierplatte ist an der Unterseite mit zwei Führungsstiften in Form von Kegelpassungen versehen, die eine Entnahme und ein paßgenaues Wiedereinsetzen in die entsprechenden Bohrungen (8) eines Drehtischtellers (9) erlauben.

Literatur

F. Bollmann, D. Dirksen, J. Koslow, V. Saulin, G von Bally
Koordinatenerfassung mittels computerunterstützter Profilometrie für zahnmedizinische Modellanalysen
Dtsch Zahnärztl Z 52, 105-108 (1997)

Patentansprüche

15

1. Vorrichtung und Verfahren zur dreidimensionalen Erfassung charakteristischer Meßpunkte des Zahnbogens mit einem optischen topometrischen Sensor, gekennzeichnet durch eine auf einem Drehtisch angebrachte, auswechselbare Halte- und Kalibrierplatte zur Aufnahme von in einem Artikulator schädelgerecht ausgerichteten, gesockelten Kiefermodellen sowie eine zweite, baugleiche Platte mit einem photogrammetrischen Meßmarkenfeld (Systemkalibrierplatte) in Verbindung mit einem Datenverarbeitungsverfahren, mit dem anhand des gemessenen, digitalen Koordinatensatzes die räumliche Position der Höckerspitzen als Meßpunkte halbautomatisch bestimmt werden.

2. Vorrichtung und Verfahren zur dreidimensionalen Erfassung charakteristischer Meßpunkte des Zahnbogens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der kamerazugewandten Seite der Halte- und Kalibrierplatte kreisförmige Meßmarken neben dem Sockel des Kiefermodells angebracht sind, die zur photogrammetrischen Erfassung des aktuellen Rotationswinkels des Drehtisches geeignet sind.

3. Vorrichtung und Verfahren zur dreidimensionalen Erfassung charakteristischer Meßpunkte des Zahnbogens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die photogrammetrischen Meßmarken auf der Systemkalibrierplatte dergestalt angeordnet sind, daß sie ein Koordinatensystem definieren, welches die gleiche Orientierung wie ein Sockel auf der Bodenplatte eines zahnmedizinischen Artikulators besitzt und dessen Ursprung mit dem Sockelmittelpunkt übereinstimmt.

4. Vorrichtung und Verfahren zur dreidimensionalen Erfassung charakteristischer Meßpunkte des Zahnbogens nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß aus den digitalisierten Koordinaten mehrerer Teilmessungen mit unterschiedlichen – mittels der in Anspruch 2 beschriebenen Meßmarken photogrammetrisch bestimmten – Rotationswinkeln des Drehtisches ein Tiefenbild berechnet wird, anhand dessen näherungsweise die Neigung der Kauebene des Kiefermodells – bezogen auf die Halte- und Kalibrierplatte – durch Markierung der Position zweier gegenüberliegender Backenzähne und einer Schneidezahnkante mit einer Zeigevorrichtung am Bildschirm berechnet wird.

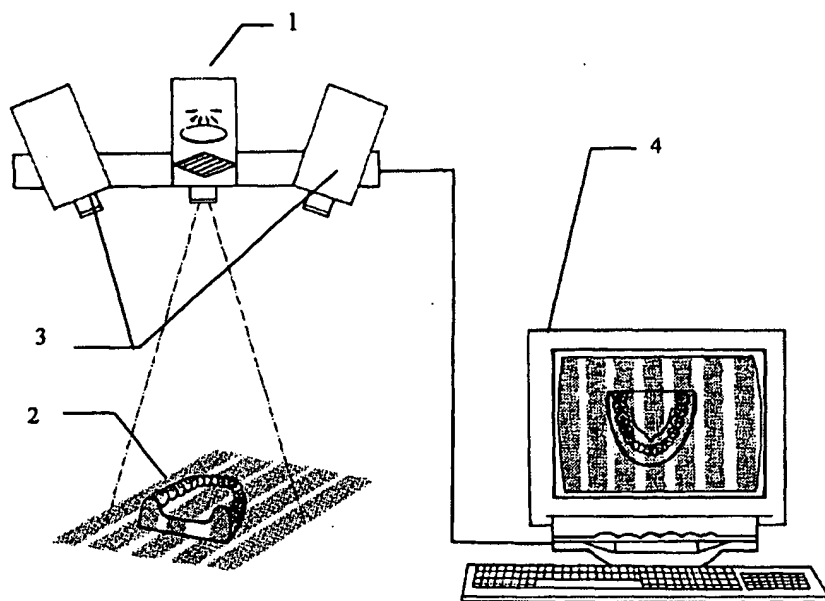
5. Vorrichtung und Verfahren zur dreidimensionalen Erfassung charakteristischer Meßpunkte des Zahnbogens nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß anhand des in Anspruch 4 beschriebenen Tiefenbildes und der durch die drei markierten Punkte definierten Neigungswinkel ein neigungskorrigiertes Tiefenbild berechnet wird, dergestalt, daß die zuvor markierten Bildpunkte jetzt gleiche Tiefenwerte aufweisen.

6. Vorrichtung und Verfahren zur dreidimensionalen

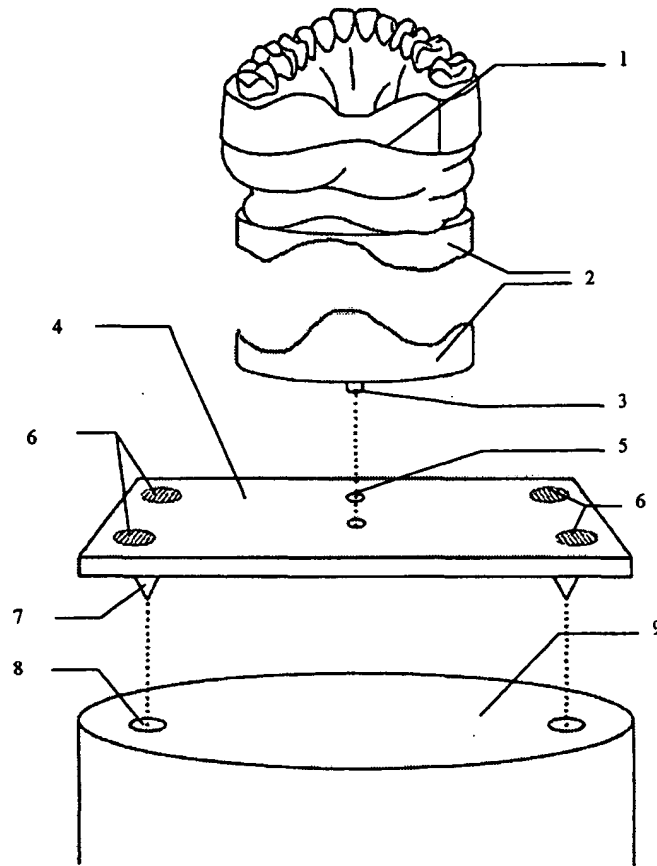
Erfassung charakteristischer Meßpunkte des Zahnbogens nach Anspruch 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die räumlichen Positionen der Höckerspitzen der Seitenzähne sowie der Eckzahnsitzen anhand eines aus den gemessenen Koordinaten berechneten und nach Anspruch 5 neigungskorrigierten Tiefenbildes bestimmt werden, indem mit einer Zeigevorrichtung am Bildschirm ein Suchfeld um die geschätzte Position der jeweiligen Spitze markiert und mit Hilfe eines Suchalgorithmus der lokal höchste Punkt oder – falls mehr als ein Bildpunkt den maximalen Höhenwert aufweisen – der Schwerpunkt dieser Bildpunkte als genauere Position dieser Spitze errechnet wird.

 Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



Figur 1



Figur 2